



**University of
Zurich**^{UZH}

**Zurich Open Repository and
Archive**

University of Zurich
University Library
Strickhofstrasse 39
CH-8057 Zurich
www.zora.uzh.ch

Year: 2017

Marathonlaufen schützt nicht vor Diabetes

Knechtle, Beat ; Nikolaidis, Pantelis T

Abstract: Wir berichten über einen 64-jährigen Marathonläufer mit bisher 990 erfolgreich gefinishten Marathons, der fälschlicherweise mit Diabetes mellitus Typ 2 diagnostiziert und therapiert wurde. Unter peroraler Therapie mit Metformin kam es zu keiner Reduktion der Blutzuckerwerte. Nach korrekter Diagnose und Therapie mit Insulin ist der Läufer wieder voll im Training, um bald seinen 1000. Marathon zu laufen. Für Sportler mit Diabetes mellitus Typ 1 ist es wichtig, den Blutzucker vor, während und nach Belastung zu messen und die Insulindosis individuell während eines Wettkampfs, wie etwa einem Marathon, zu reduzieren.

DOI: <https://doi.org/10.1024/1661-8157/a002750>

Posted at the Zurich Open Repository and Archive, University of Zurich

ZORA URL: <https://doi.org/10.5167/uzh-139057>

Journal Article

Originally published at:

Knechtle, Beat; Nikolaidis, Pantelis T (2017). Marathonlaufen schützt nicht vor Diabetes. *Praxis*, 106(16):887-892.

DOI: <https://doi.org/10.1024/1661-8157/a002750>

1 Gesundheitszentrum St. Gallen ¹

2 Exercise Physiology Laboratory, Nikaia, Griechenland ²

3

4 Beat Knechtle¹ , Pantelis T. Nikolaidis ²

5

6 **Marathonlaufen schützt nicht vor Diabetes**

7

8 Marathon running does not prevent from diabetes

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

19 Im Artikel verwendete Abkürzungen

20

21 BMI Body Mass Index

22 CK Creatin-Kinase

23 CGM Kontinuierliches Glukose-Monitoring

24 GAD Glutamat-Decarboxylase

25 HbA_{1c} Hämoglobin A_{1c}

26 I.E. Internationale Einheiten

27 kcal Kilokalorie

28 KHE Kohlenhydrateinheiten-Faktor

29 LADA Latent Autoimmune Diabetes of the Adult

30

31

32

33

34

35

36

37

38

39

40

41

42

43

44

45

Anamnese und Befunde

Der 64-jährige ehemalige Fluglotse und passionierte Marathonläufer trifft am Vortag eines Marathons Ende Januar 2017 auf einen Bekannten der Arzt und Läufer ist. Der Läufer schildert ihm dass er seit Dezember 2016 an einem Diabetes mellitus **Typ 2** leide. Im Rahmen einer Blutuntersuchung beim Urologen anlässlich eines Checks wegen der vergrösserten Prostata wurde ein Nüchtern-Blutzucker von 10.4 mmol/l gemessen. Er habe sich dann ein Blutzuckermessgerät gekauft und bei eigenen Messungen zu Hause sei ihm aufgefallen, dass vor allem der Nüchtern-Blutzucker morgens zu hoch sei während die Blutzuckerwerte tagsüber zurückgingen. Er meldete sich dann bei seinem Hausarzt. Der mass ein HbA_{1c} von 7.2%, stellte anhand der erhöhten Blutzuckerwerte und dem erhöhten HbA_{1c}-Wert die Diagnose eines Diabetes mellitus **Typ 2** und verordnete Metformin 850 mg 1-0-1. Im Verlauf trat ein Infekt der oberen Luftwege mit Fieber, Bronchitis, Unwohlsein und sehr starkem nächtlichen Schwitzen auf. Dieser Infekt wurde mit Amoxycillin und Clavulansäure behandelt. Nach diesem Infekt stiegen die Blutzuckerwerte noch weiter an. Anfangs Januar 2017 wurde dann noch eine Pleuritis diagnostiziert.

Ende Januar 2017 lief er dann den besagten Marathon in 5:35:29 h:min:s, wobei der Blutzucker unter Therapie vor dem Start bei 15.5 mmol/l und nach dem Zieleinlauf bei 6.5 mmol/l lag. Anfang Januar 2017 wiegt er 73.5 kg bei einer Körpergrösse von 182 cm (BMI 22.2 kg/m²). Der Gewichtsverlust ging bis Ende Januar 2017 auf 69.5 kg (BMI 21.0 kg/m²). In der Familie hatte die Schwester der Mutter einen Diabetes mellitus **Typ 2**, hingegen ist kein Fall von einem Diabetes mellitus **Typ 1** bekannt

Differentialdiagnostische Überlegungen

Aufgrund der Laborwerte (erhöhte Blutzuckerwerte, erhöhtes HbA_{1c}) und des Alters (64 Jahre) muss bei diesem normalgewichtigen Marathonläufer von einem Diabetes mellitus **Typ 2** ausgegangen werden. Aufgrund des Alters ist ein Diabetes mellitus **Typ 1** sehr unwahrscheinlich. Ein anderer spezifischer Diabetes Typ wäre grundsätzlich auch möglich, aber ebenfalls sehr unwahrscheinlich.

Weitere Abklärungsschritte und Verlauf

Der besagte Arzt wurde bei dieser Geschichte hellhörig da er unter seinen Patienten selber einen fast identischen Fall hat. Bei einem ebenfalls normalgewichtigen aber unsportlichen Patienten im etwa gleichen Alter und mit gleicher Laborkonstellation

wurde bei fehlendem Ansprechen auf Metformin im Verlauf die Diagnose eines insulin-pflichtigen Diabetes mellitus **Typ 1** gestellt. Deshalb wies er den Läufer nach dem Marathon in das nächstgelegene Zentrumsspital zur Abklärung mit Verdacht auf Diabetes mellitus **Typ 1** ein.

Bei Spitaleintritt wurden ein HbA_{1c} von 9.5% und ein Blutzucker von 16.4 mmol/l gemessen. Zur weiteren Diagnostik bei einem Patienten mit niedrigem BMI erfolgte die Bestimmung des C-Peptids und der GAD-Antikörper. Das C-Peptid war mit 0.13 ng/ml niedrig und die GAD-Antikörper mit 97 kU/l erhöht. Anhand dieser Laborkonstellation wurde die Diagnose eines Diabetes mellitus **Typ 1** gestellt. **Aufgrund einer B-Symptomatik mit Nachtschweiss, Müdigkeit und Gewichtsabnahme erfolgten eine Röntgen-Thorax-Aufnahme und eine Abdomen-Sonographie. Diese Untersuchungen gaben keinen Hinweis auf eine Malignität oder eine Raumforderung im Pankreas.** Die Therapie mit Metformin wurde abgesetzt und ein Insulin-Schema mit KHE-Faktoren wurde begonnen. Am Morgen und am Abend wurden je 3 I.E. Levemir verordnet und morgens, mittags und abends **bezogen auf die Mahlzeiten** Novo Rapid in Abhängigkeit der gemessenen Blutzuckerwerte.

Diagnose

Akute hyperglykämie Entgleisung eines Diabetes mellitus **Typ 1** bei normalgewichtigem Marathonläufer

Kommentar

Wir beschreiben einen 65-jährigen normalgewichtigen Marathonläufer bei dem vor kurzem ein Latent Autoimmune Diabetes of the Adult (LADA) mit vorhandener Rest-Insulinproduktion diagnostiziert wurde. Die vorhandene Rest-Insulinproduktion macht die Diabeteseinstellung einfacher als bei Typ 1-Diabetikern ohne Restsekretion.

Der Läufer gehört zu den 25 besten Läufern der Welt bezüglich Anzahl gefinishter Marathons (<http://100marathon-club.de/aktuelles/ansicht/news/detail/News/world-megamarathon-ranking-300-702.html>). In dieser Liste sind über 500 Läufer registriert die 300 und mehr Marathons bisher in ihrem Leben gefinisht haben. Unser Läufer begann 1980 im Alter von 28 Jahren mit Laufen und absolvierte 1985 mit 33 Jahren seinen ersten Marathon. Im Januar 2017 hat er 990 Marathons absolviert und plant im September 2017 beim Jungfrau Marathon an seinem 65. Geburtstag den tausendsten Marathon zu laufen.

Die Tabelle 1 stellt seine bisher gefinishten Marathons, die Tabelle 2 seine bisher gefinishten Ultramarathons (Läufe über 42.195 km) und die Tabelle 3 seine bisher gefinishten Mehretappenläufe zusammen. Für das ‚World-Megamarathon-Ranking‘ zählen gefinishte Marathons, Ultramarathons sowie erfolgreich gefinishte Etappen an Mehretappenläufen. Tabelle 4 stellt nebst den jährlich absolvierten Marathons und Ultramarathons (Stand Ende 2016) die jährlich gelaufenen Kilometer in Wettkampf und Training zusammen. Pro Jahr läuft er im Schnitt $4'278 \pm 1'229$ km, entsprechend rund 356 km pro Monat, rund 82 km pro Woche oder rund 12 km pro Tag. Auffallend ist auch das zwischen 2003 und 2016 rund 77% der zurückgelegten Laufkilometer (59'893 km) reine Wettkampfkilometer (46'262 km) sind und nur rund 23% effektive Trainingskilometer (13'631 km).

Da unser Läufer mit fast 65 Jahren aufgrund des Alters eher einen Typ 2 als einen Typ 1 Diabetes haben sollte liegt trotzdem ein Typ 1-Diabetes vor. Der Diabetes mellitus Typ 2 ist eine multifaktoriell bedingte Erkrankung wobei Übergewicht an erster Stelle der Ursachen steht. Übergewicht führt zu einer Zunahme des Körperfetts das zu einer Insulinresistenz führt. Unser Läufer war bis zu seinem 28. Lebensjahr übergewichtig mit einem Maximum von 95 kg. Durch Alkoholabstinenz, gesunde Ernährung und Laufen verringerte sich das Körpergewicht auf 70–75 kg. Mit einem aktuellen BMI von $\sim 22 \text{ kg/m}^2$ liegt jetzt weder ein Übergewicht noch eine Adipositas vor.

Grundsätzlich ist Marathonlaufen auch sehr protektiv für Diabetes mellitus Typ 2. In der 'National Runners' Health Study' mit 62'284 Männern und 45'040 Frauen konnte gezeigt werden dass die Prävalenz für Diabetes mellitus Typ 2 mit der Zahl der erfolgreich absolvierten Marathons abnimmt, unabhängig von den jährlichen Laufkilometern. Dies wurde mit den langen Trainingsläufen in der Vorbereitung auf einen Marathon erklärt [1]. Der beschriebene Läufer hat bisher fast 1'000 Marathons in seinem Leben absolviert und über 90% seiner Laufkilometer an Wettkämpfen zurückgelegt. Somit müsste aufgrund der Erkenntnis von Williams [1] ein Typ 2-Diabetes höchst unwahrscheinlich sein.

Beim Diabetes mellitus Typ 1 kommt es aufgrund eines Untergangs der Langerhans'schen Inselzellen im Pankreas zu einem Insulinmangel. Die höchste Prävalenz dieser Diabetesform ist bei Kindern im Alter um 11-13 Jahre. Allerdings kann ein Diabetes mellitus Typ 1 jederzeit im Laufe des Lebens auftreten. Die Ursache bei dieser Diabetesform soll ein Zusammenwirken von genetischer

Prädisposition, äusserlichen Faktoren wie etwa einer Virusinfektion (z.B. Cosackie-Viren) und immunologischen Gründen. Bei unserem Läufer trat Anfang Januar 2017 noch eine Pleuritis auf, allenfalls hat diese Infektion die Entwicklung des Diabetes mellitus noch beschleunigt.

Unser Läufer lässt sich durch die neue Diagnose nicht beirren und trainiert unbehindert weiter. Mit einem Flash Glukose Messsystem, dem FreeStyle Libre von Abbot Diabetes Care (www.freestylelibre.de) mit einem Messbereich von 2.2 bis 27.8 mmol/l dokumentiert er den Blutzuckerverlauf im Training. **Dieses Gerät misst die Konzentration des Zuckers in der interstitiellen Flüssigkeit.**

Eine grosse Gefahr beim Sport mit Diabetes mellitus **Typ 1** ist die Hypoglykämie. Auf Empfehlung des betreuenden Diabetologen sollte unser Läufer die Basisrate beim Sport reduzieren und das Insulin am Morgen und am Mittag weglassen sowie am Abend halbieren. Unser Läufer liess primär das Insulin beim Sport komplett weg und fand heraus dass es am besten ist das Basis-Insulin (**3 I.E. Levemir**) am Morgen und Abend zu spritzen und kein Insulin zu den Mahlzeiten zu spritzen. Bei längeren Läufen liess er das Insulin komplett weg. **Vor einem Trainingslauf isst unser Läufer Äpfel, diese wiegt er ab sodass er auf 7 KHE (entspricht 70 g Kohlenhydraten) kommt. Diese Ernährungsform führt dazu das sein Blutzucker jeweils vor einer Trainingseinheit auf über 10 mmol/l ansteigt.** Die Abbildung 1 zeigt den Blutzuckerverlauf während längeren Trainingsläufen mit dieser Taktik. Der Blutzucker liegt zu Beginn bei 11-12 mmol/l und fällt dann relativ rasch auf Werte um 5 mmol/l während des ganzen Laufs. **Bei solchen Trainings führte er jeweils nur Wasser zu.** Der Trend ist bei längeren Läufen um 4:30 h:min (Abbildung 1a) wie auch bei kürzeren Läufen um 2:30 h:min (Abbildung 1b-1d) gleichermassen nachweisbar. **Der Abfall des Blutzuckers unter Belastung ist typisch bei insulinpflichtigen Läufern während der Blutzucker bei Nicht-Diabetikern während einer Ausdauerbelastung konstant gehalten wird [2].**

Unser Läufer hat seine 65 Trainingsläufe aus den Monaten Februar bis April 2017 mit Streckenlänge und Zeit der Einheiten mit Garmin fenix 3 erfasst sowie den Blutzucker vor und nach dem Training gemessen. Die Laufstrecke variierte von minimal 3 km bis maximal 42.195 km. Während der kurzen bis mittleren Läufe trinkt er nur Wasser, bei einem Marathon führt er um 25-30 KHE unter Belastung zu. In den drei Monaten kam er auf 875.4 km, im Schnitt 291.8 km pro Monat. Die mittlere Laufstrecke aller 65 Einheiten lag bei 13.4±13.0 km bei einer mittleren Laufzeit von

1:41±1:35 h:min. Dabei legte er um 273 Höhenmeter pro Einheit zurück. Zu Beginn eines Trainings lag der Blutzucker bei 14.4±2.2 mmol/l und fiel um 4.6±2.4 mmol/l auf 5.8±1.5 mmol/l am Ende des Trainings. Die Abbildung 2 zeigt den Zusammenhang zwischen prozentualer Abnahme des Blutzuckers und der Dauer des Trainings (nur Läufe bis maximal 1:40 h:min) (Abbildung 2a) sowie der Laufgeschwindigkeit (Abbildung 2b). Es zeigt sich, dass sowohl bei längen Läufen wie bei hoher Laufgeschwindigkeit ein Zusammenhang mit der Abnahme des Blutzuckers besteht. Also je länger die Lafeinheit und je höher die Laufgeschwindigkeit, desto ausgeprägter ist die relative Reduktion des Blutzuckers während des Laufens.

Es ist grundsätzlich kein Problem mit Diabetes mellitus Typ 1 Sport zu betreiben und gar einen Marathon zu laufen [3,4], einen Ironman-Triathlon [5] oder gar einen Ultratriathlon [6,7] erfolgreich zu beenden. Eine Kontraindikation für eine längere Ausdauerbelastung wie etwa ein Marathon ist ein schlecht eingestellter Diabetes mellitus [8]. Wichtig ist bei solchen eher langen Ausdauerbelastungen die richtige Insulindosis und die richtige Energiezufuhr zu finden [9] sowie ein gutes Zusammenspiel zwischen Sportler, Betreuer, Arzt und Ernährungsberatung zu entwickeln [10]. Beim Typ 1-Diabetes ist das Problem die Aufrechterhaltung des Blutzuckers unter der Belastung da die Regulation der Insulinkonzentration während und nach Belastung nicht möglich ist [11].

Hyperglykämische Phasen sind dabei eher kein Problem, während hypoglykämische Phasen sehr problematisch sein können [4]. Allerdings sollte die Insulindosis während einer längeren Ausdauerbelastung wie die eines Marathons reduziert werden [3] und der Läufer im Training viel Erfahrung sammeln mit seinen Blutzuckerwerten [4]. Allgemein sollten Typ 1-Diabetiker ihre Insulindosis bei einem Wettkampf reduzieren. Je nach Situation sollte die Insulindosis um 30-50% reduziert werden [12]. In einer Wettkampfstudie mit Halbmarathonläufern zeigte sich dass die Läufer ihre Insulindosis am Wettkampftag um 15-20% reduzierten [13]. Die Empfehlungen zur Insulinreduktion bei Ausdauersport sind sehr individuell zu gestalten. Sie hängen stark vom Individuum, von der Art der Belastung und vom Ausmass der Restsekretion ab. Bei Ausdauerbelastungen ist auch auf das Hypoglykämierisiko am Tag nach der Belastung hinzuweisen [14].

Die kontinuierliche Messung des Blutzuckers bei längeren Ausdauerbelastungen ist empfehlenswert um Hypo- sowie Hyperglykämien zu erkennen [3]. Typ 1-Diabetiker

sollten den Blutzucker vor, während sowie nach körperlicher Belastung messen [15]. In einer Feldstudie mit 5 Läufern (4 Läufer mit Diabetes mellitus Typ 1 und 1 Läufer mit Diabetes mellitus Typ 2) wurden während eines Marathons fortlaufend die Blutzuckerwerte gemessen. In den total 1470 Ergebnissen (im Mittel 245 Werte pro Läufer) wurde viele hypo- und hyperglykämische Episoden ohne klinische Symptome gemessen [16]. Die heute verfügbaren Geräte für ein kontinuierliches Glukose Monitoring (CGM) machen solche Ausdauerleistungen bei Diabetes mellitus Typ 1 sicherer und sie sind heute Standardausrüstung bei solchen Sportlern. Zudem verwenden die meisten Ausdauersportler mit langjährigem Diabetes mellitus Typ 1 Insulinpumpen, da damit die Insulinversorgung rascher geändert werden kann.

Eine Hypoglykämie bei Läufern mit Diabetes mellitus Typ 1 sollte zwingend vermieden werden. In einem Fallbericht wurde ein 27-jähriger Mann mit Diabetes mellitus Typ 1 beschrieben, der in der Nacht vor einem Marathon aufgrund einer nächtlichen Hypoglykämie einen tonisch-klonischen Krampfanfall hatte. Trotz dieses Ereignisses lief er am Tag darauf einen Marathon bei dem er wegen einer schweren Hypoglykämie kollabierte und wieder einen Krampfanfall machte. Im Verlauf entwickelte der starke Myalgien und zeigte eine stark erhöhte CK mit Entwicklung einer Rhabdomyolyse. Zudem zeigte sich eine gestörte Leberfunktion als Zeichen einer Leberhypoxie während des Anfalls [17].

Mit Diabetes mellitus Typ 1 können nicht nur Marathons, sondern sogar lange Ultratriathlons erfolgreich gefinisht werden [6, 7]. Es wurde ein Fall eines 27-jährigen Triathleten mit Diabetes mellitus Typ 1 seit dem 6. Lebensjahr beschrieben der einen doppelten Ironman (7.6 km Schwimmen, 360 km Radfahren und 84.4 km Laufen) in rund 30 Stunden absolvierte [6]. Während des Rennens wurden fast 50 Blutzuckermessungen gemacht und die Werte schwankten zwischen 5 mmol/l bis 20 mmol/l. Während dem ganzen Rennen wurden nur 18 I.E. Novorapid verabreicht und während dem Schwimmen wurden höhere Blutzuckerwerte toleriert um eine allfällige Hypoglykämie mit fataler Konsequenz zu vermeiden. Das Insulin wurde bei hyperglykämischen Phasen verabreicht, etwa in den Wechselzonen Schwimmen zu Radfahren und Radfahren zu Laufen. Die Zeit von 30 Stunden für einen doppelten Ironman darf übrigens als eine Spitzenleistung betrachtet werden [18].

In einem anderen Fall hat ein Triathlet mit Diabetes mellitus Typ 1 erfolgreich einen Ultraman-Triathlon gefinisht [7]. Dieses Mehretappen-Rennen besteht aus 10 km Schwimmen und 144.8 km Radfahren am Tag 1, 275.4 km Radfahren am Tag 2 und 84.4. km Laufen am Tag 3 [19]. Der Athlet zeigte am Tag 1 in 73.0% der Messungen

eine Hyperglykämie, am Tag 2 noch 3.4% und am Tag 3 15.1%. Hypoglykämische Phasen traten am Tag 1 keine auf, am Tag 2 waren es 78.6% der Messungen und am Tag 3 33.6%. In den Nächten zwischen den Etappen waren 86.1%, 83.0% und 84.8% der nächtlichen Messungen mit hyperglykämischen Werten während nur 9.0%, 0.0% und 0.0% der Messungen hypoglykämische Werte zeigten [7].

Key messages

- Auch ein sehr erfahrener Marathonläufer mit fast 1'000 erfolgreich gefinishten Marathons kann einen Diabetes mellitus bekommen
- Sportler können mit Diabetes mellitus **Typ 1** Marathons und Ultramarathons sowie Ultratriathlons erfolgreich finishen
- Bei einem Ausdauerwettkampf muss die Insulindosis angepasst werden was einer Reduktion um 20-50% der täglichen Insulinmenge entspricht.

Zusammenfassung

Wir berichten über einen 64-jährigen Marathonläufer mit bisher 990 erfolgreich
gefinishten Marathons der fälschlicherweise als Diabetes mellitus **Typ 2**
diagnostiziert und therapiert wurde. Unter peroraler Therapie mit Metformin kam es
zu keiner Reduktion der Blutzuckerwerte. Nach richtiger Diagnose und Therapie mit
Insulin ist der Läufer wieder voll im Training um bald seinen 1000. Marathon zu
laufen. Für Sportler mit Diabetes mellitus **Typ 1** ist es wichtig den Blutzucker vor,
während und nach Belastung zu messen und die Insulindosis individuell während
eines Wettkampfs wie etwa einem Marathon zu reduzieren

Schlüsselwörter

Läufer – Blutzucker – Ausdauerbelastung - Stoffwechselstörung

Summary

We report the case of a 64-year-old marathon runner with 990 successfully finished marathons. He was diagnosed and treated as diabetes mellitus **type 2**. However, there was no reduction of the blood glucose concentration under therapy with metformin. After proper diagnosis and therapy with insulin, the runner is back in training to run his 1000th marathon soon. For athletes with diabetes mellitus **type 1**, it is important to measure the blood glucose concentration before, during and after exercise, and to reduce the dose of insulin individually during a competition such as a marathon run.

Key words

Runner - Blood glucose concentration - Endurance performance - Metabolic disturbance

388 **Korrespondenzadresse**
389 Prof. Dr. med. Beat Knechtle
390 Facharzt FMH für Allgemeinmedizin
391 Gesundheitszentrum St. Gallen
392 Vadianstrasse 26
393 9001 St. Gallen
394 Telefon +41 (0) 71 226 93 00
395 Telefax +41 (0) 71 226 93 01
396 E-Mail beat.knechtle@hispeed.ch

397

398

399

400

401

402

403

404

405

406

407

408

409

410

411

412

413

414

415

416

417

418 Literaturverzeichnis

- 419 1. Williams PT: Lower prevalence of hypertension, hypercholesterolemia, and
420 diabetes in marathoners. *Med Sci Sports Exerc* 2009;41:523-529.
- 421 2. Meinders AE, Willekens FLA, Heere LP: Metabolic and hormonal changes in
422 IDDM during long-distance run. *Diabetes Care* 1988;11:1-7.
- 423 3. Grimm JJ, Muchnick S: Type I diabetes and marathon running. *Diabetes Care*
424 1993;16:1624-1625.
- 425 4. Hartvig Jensen T, Darre E, Holmich P, Jahnsen F: Insulin-dependent diabetes
426 mellitus and marathon running. *Br J Sports Med* 1987;21:51-52.
- 427 5. Boehncke S, Poettgen K, Maser-Gluth C, Reusch J, Boehncke WH,
428 Badenhop K: Endurance capabilities of triathlon competitors with type 1
429 diabetes mellitus. *Dtsch Med Wochenschr* 2009;134:677-682.
- 430 6. Vlahek P, Car S, Ostroški I: Sweet 452 km - a report on the first type 1
431 diabetes patient to finish Double Ironman, a 30- hour endurance triathlon
432 race. *Croat Med J* 2013;54:306-307.
- 433 7. Bach CW, Baur DA, Hyder WS, Ormsbee MJ: Blood glucose kinetics and
434 physiological changes in a type 1 diabetic finisher of the Ultraman triathlon: a
435 case study. *Eur J Appl Physiol* 2017;117:913-919.
- 436 8. Valentine AS: The middle-aged marathon runner. *Can Fam Physician*
437 1982;28:941-945.
- 438 9. Koivisto VA, Sane T, Fyhrquist F, Pelkonen R: Fuel and fluid homeostasis
439 during long-term exercise in healthy subjects and type I diabetic patients.
440 *Diabetes Care* 1992;15:S1736-1741.
- 441 10. Horton WB, Subauste JS: Care of the athlete with type 1 diabetes mellitus: A
442 clinical review. *Int J Endocrinol Metab* 2016;14:e36091.
- 443 11. Chu L, Hamilton J, Riddell MC: Clinical management of the physically active
444 patient with type 1 diabetes. *Phys Sportsmed* 2011;39:64-65.
- 445 12. Fahey PJ, Stallkamp ET, Kwatra S: The athlete with type I diabetes:
446 Managing insulin, diet and exercise. *Am Fam Physician* 1996;53:1611-1617.
- 447 13. Murillo S, Brugnara L, Novials A: One year follow-up in a group of half-
448 marathon runners with type-1 diabetes treated with insulin analogues. *J*
449 *Sports Med Phys Fitness* 2010;50:506-510.
- 450 14. Sane T, Helve E, Pelkonen R, Koivisto VA: The adjustment of diet and insulin
451 dose during long-term endurance exercise in type 1 (insulin-dependent)
452 diabetic men. *Diabetologia* 1988;31:35-40.
- 453 15. Shugart C, Jackson J, Fields KB: Diabetes in sports. *Sports Health*
454 2010;2:29-38.
- 455 16. Cauza E, Hanusch-Enserer U, Strasser B, Ludvik B, Kostner K, Dunky A, et
456 al: Continuous glucose monitoring in diabetic long distance runners. *Int J*
457 *Sports Med* 2005;26:774-780.
- 458 17. Graveling AJ, Frier BM: Risks of marathon running and hypoglycaemia in
459 Type 1 diabetes. *Diabet Med* 2010;27:585-588.
- 460 18. Sigg K, Knechtle B, Rüst CA, Knechtle P, Lepers R, Rosemann T: Sex
461 difference in Double Iron ultra-triathlon performance. *Extrem Physiol Med*
462 2013;2:12.
- 463 19. Meili D, Knechtle B, Rüst CA, Rosemann T, Lepers R: Participation and
464 performance trends in 'Ultraman Hawaii' from 1983 to 2012. *Extrem Physiol*
465 *Med* 2013;2:25.

466

467

468

469 **Tabelle 1** Anzahl bisher mehrfach gefinishter Marathons

Anzahl	Name	Ort (Land)
26	Jungfrau Marathon	Interlaken (SUI)
13	Schwarzwald Marathon	Bräunlingen (GER)
12	Förster - Braun - Hütte	Hemsbach (GER)
10	Elbtunnel Marathon	Hamburg (GER)
10	Bienwald Marathon	Kandel (GER)
9	Untertage Marathon	Sondershausen (GER)
8	Bärenfels Heiligabend Marathon	Hoppstädten – Weiherbach (GER)
8	Koberstädter Waldmarathon	Egelsbach (GER)
8	Trollinger Marathon	Heilbronn (GER)
8	Zeiler Waldmarathon	Zeil (GER)
7	Kevelaer Marathon	Kevelaer (GER)
7	Schönbuch Marathon	Leinfelden (GER)
6	Marathon Deutsche Weinstrasse	Bockenheim (GER)
6	Ermstal Marathon	Metzingen (GER)
6	Frauenfelder	Frauenfeld (SUI)
6	Karlsruhe Marathon	Karlsruhe (GER)
6	Mainz Marathon	Mainz (GER)
6	Silbersee Marathon	Bobenheim – Roxheim (GER)
5	Bottwartal Marathon	Bottwartal (GER)
5	Iller Marathon	Immenstadt (GER)

470

471

472

473

474

475

476

477

478

479

480

481

482

483

484

485

486 **Tabelle 2** Anzahl bisher mehrfach gefinishter Ultramarathons

Anzahl	Name	Ort (Land)	Distanz (km)
23	Comrades Marathon	Durban (RSA)	90
16	Schwäbische Alb Marathon	Schwäbisch Gmünd (GER)	44 - 50
10	Swiss Alpine Marathon	Davos (SUI)	68/72/78
9	50 km Ultra Marathon	Rodgau–Dudenhofen (GER)	50
6	Welt Down Syndrom Tag	Fürth (GER)	50
5	Bieler Lauftage	Biel (SUI)	100
5	100 Meilen Berlin	Berlin (GER)	161

487

488

489

490

491

492

493

494

495

496

497

498

499

500

501

502

503

504

505

506

507

508

509

510 **Tabelle 3** Anzahl bisher gefinishter Mehretappenläufe

Gesamt km pro Teilnahme	Name (Land)	Anzahl Etappen	Anzahl Teilnahmen
4488	Trans-Europe-Foot-Race 2009	64	1
1204	Deutschlandlauf 2005 (GER)	17	1
1142	La Transe Gaule (FRA)	18	2
470	Trans Swiss Run 2008 (SUI)	8	1
439	Raid Maroni - Oyapock FGA	7	1
424	Trans Swiss Run 2009 (SUI)	8	1
375	Napoleon Ultra USA	7	1
369	Trans Swiss Run 2010 (SUI)	7	1
326	Barbarossa Etappenlauf (GER)	5	1
325	Baltic Run (GER)	5	4
325	Isarrun (GER)	5	4
323	Swiss Jura Marathon (SUI)	7	1
301	Moravský Ultra Marathon (MUM) CZE	7	4
299	Berlin – Dresden (GER)	5	1
205	Sauerländer Höhenflug 2016 (GER)	4	1
195	Balaton Szupermarathon HUN	4	2
179	SH Dreiländertrail (GER)	4	1
174	Mauerweg Tour Berlin (GER)	3	2
162	Berlin – Cottbus (GER)	3	1
151	Seensteiglauf (GER)	3	1
136	Sauerländer Höhenflug 2015 (GER)	3	1
124	SH Supertrail (GER)	2	5

511

512

513

514

515

516

517

518

519

Tabelle 4 Zusammenstellung aller Marathons und Ultramarathons seit 1985

Jahr	Anzahl Marathons	Anzahl Ultramarathons	Gesamte Zahl	Laufkilometer im Wettkampf (km)	Laufkilometer im Training (km)	Gesamte Laufkilometer (km)
1985 - 1999	34	24	58	4'160		
2000	28	4	32	1'648		
2001	39	5	44	2'223		
2002	21	9	30	1'611		
2003	28	7	35	2'029	1'786	3'816
2004	29	10	39	2'078	1'383	3'461
2005	34	29	63	3'481	1'710	5'192
2006	23	35	58	3'501	1'191	4'693
2007	23	32	55	3'381	985	4'366
2008	21	39	60	3'442	1'193	4'636
2009	5	103	108	6'978	1'032	8'011
2010	24	31	55	3'252	545	3'798
2011	30	35	65	3'382	479	3'861
2012	41	36	77	4'022	303	4'325
2013	19	48	67	3'449	470	3'919
2014	17	31	48	2'443	607	3'051
2015	27	27	54	2'657	847	3'505
2016	18	23	41	2'159	1'092	3'252
Summe	461	528	989	55'906	13'631	59'893

Legende für Abbildung

- Abbildung 1** Verlauf des Blutzuckers bei längeren (a) und kürzeren (b-d) Trainingsläufen. Die Werte wurden mit dem FreeStyle Libre von Abbot Diabetes Care gemessen.
- Abbildung 2** Zusammenhang zwischen prozentualer Veränderung des Blutzuckers in Abhängigkeit der Dauer der Trainingseinheit (a) sowie der Laufgeschwindigkeit (b)

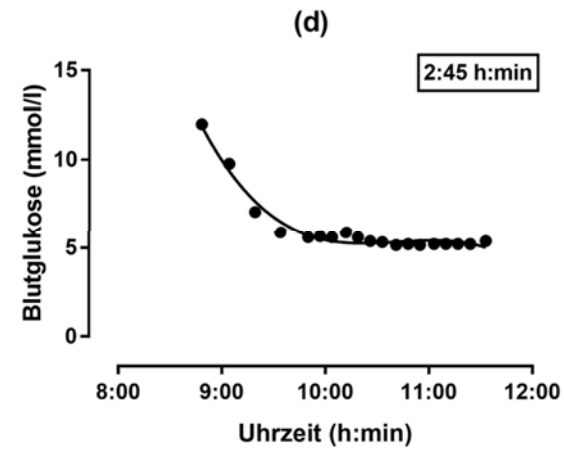
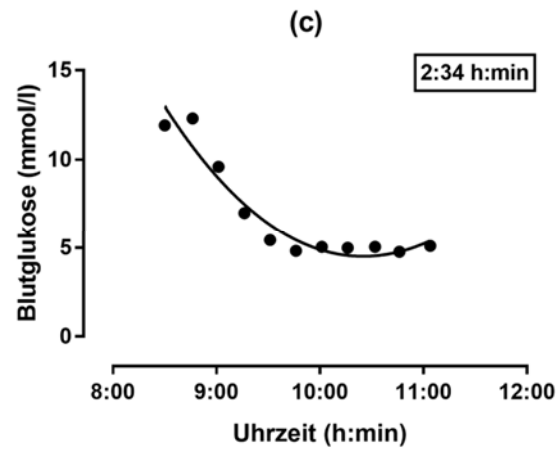
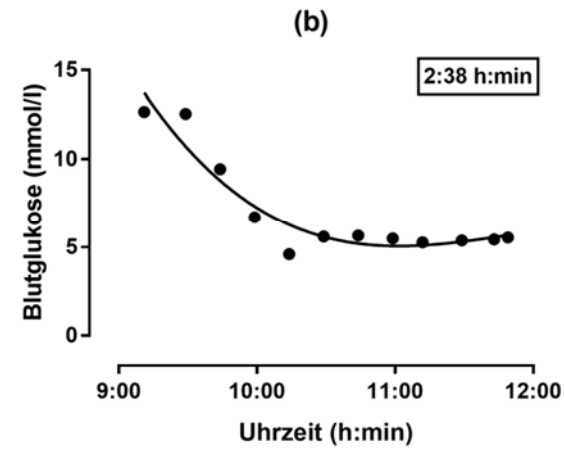
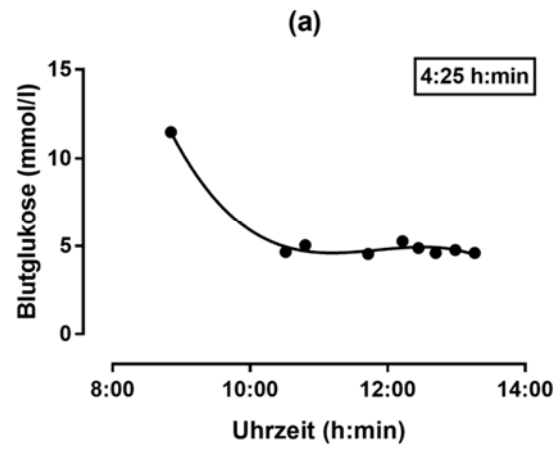


Abbildung 1

